

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-ロ-ト [*] (参考)
H 0 1 L 33/00		H 0 1 L 33/00	N 5 F 0 4 1
H 0 1 S 5/343		H 0 1 S 3/18	6 7 7 5 F 0 7 3

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平11-97154

(22) 出願日 平成11年4月5日 (1999. 4. 5)

(71) 出願人 000002303

スタンレー電気株式会社
東京都目黒区中目黒2丁目9番13号(72) 発明者 佐藤 弘之
神奈川県横浜市中区青葉区荏田西1-3-1
スタンレー電気株式会社技術研究所内(72) 発明者 宮脇 誠
神奈川県横浜市中区青葉区荏田西1-3-1
スタンレー電気株式会社技術研究所内

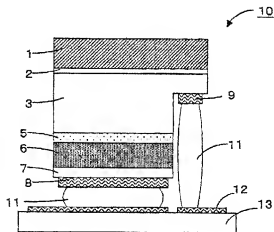
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 窒化ガリウム系化合物半導体発光素子

(57) 【要約】

【課題】 本発明は、オーミック接触が得られると共に、高い反射率特性が得られるようにしたフリップチップタイプの窒化ガリウム系化合物半導体素子のp電極および該電極を用いた発光素子を提供することを目的とする。

【解決手段】 透光性基板上にp型層が表面側となるようにして窒化ガリウム系化合物半導体をエピタキシャル成長したフリップチップタイプ素子のp電極であって、前記p電極をAg及び/またはPtの金属電極が100オングストローム以下の厚みのNi金属領域を介してp型窒化ガリウム系化合物半導体層と接触し、且つ、前記半導体の発光ピーク波長における反射率が30%以上とする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 透光性基板上にp型層が表面側となるようにして窒化ガリウム系化合物半導体層をエピタキシャル成長し、該半導体の前記p型層側にp電極とn電極を配設して透光性基板側から光を取出すフリップチップタイプの窒化ガリウム系化合物半導体素子のp電極であって、

前記p電極は、Ag及び/またはPtの金属電極が100オングストローム以下の厚みのN金属領域を介してp型窒化ガリウム系化合物半導体層と接触し、且つ、前記半導体の発光ピーク波長における反射率が30%以上であることを特徴とする、窒化ガリウム系化合物半導体発光素子のp電極。

【請求項2】 前記Ag及び/またはPtの金属電極は、N金属領域と合金化されており、前記p型窒化ガリウム系化合物半導体層に近づくにしたがってAg及び/またはPtの含有量が少なくなっていることを特徴とする、請求項1に記載の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子のp電極。

【請求項3】 前記p電極の最表面側には、Au層がTi層またはNi層を介して設けられていることを特徴とする、請求項1または請求項2に記載の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子のp電極。

【請求項4】 請求項1から請求項3のいずれかに記載のp電極を、p型窒化ガリウム系化合物半導体層の略全面に形成したことを特徴とするフリップチップタイプの窒化ガリウム系化合物半導体発光素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、青色発光ダイオード、青色発光レーザーダイオード等に用いることのできる窒化ガリウム系化合物半導体用の電極に関するもので、特に透光性基板側から光を出射するいわゆるフリップチップ構造の場合に好適な電極に関するものである。

【0002】

【従来の技術】近年、窒化ガリウム系化合物半導体[$G_{1-x}Al_xN_{1-y}In_yN$ (但し $0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$)]は、青色発光素子等への応用がなされている。この窒化ガリウム系化合物半導体発光素子は、通常、サファイアよりなる基板の上に一般式 $G_{1-x}Al_xN_{1-y}In_yN$ (但し $0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$)で表される窒化ガリウム系化合物半導体のエピタキシャル層を、MOCVD装置を用いてn型層、p型層を順層成長させることによって得られ、その後、エッチングを行なって、n型電極およびp型電極を夫々n型層、p型層上に形成する。n型電極としては、例えば特開平7-45867号に記載されているTiを含有するオーミック電極が用いられ、p型電極としては、例えば特開平6-275868号、特開平5-291821号に記載されている金とNiおよび/またはCrを含む

金が用いられている。

【0003】図5に符号90で示すものは、上記した従来の窒化ガリウム系化合物半導体素子90を示すもので、 $AlGaIn/NiGaIn/AlGaIn$ 系の青色発光素子である。このような窒化ガリウム系化合物半導体素子90は、例えば以下のような工程を経て製造される。

【0004】(1) MOCVD装置内にサファイア基板91を配置し、温度約1050℃にてサファイア基板91の表面処理を行なった後、基板温度を約510℃まで下げて薄膜層のAlNまたはGaInよりなるバッファ層92を成長させる。

(2) 基板温度を約1020℃としてn型のGaIn層93、n型 $AlGaIn$ 下部クラッド層94を成長させる。続いて基板温度を約800℃としてノンドープInGaIn系活性層95を約100〜500オングストロームの厚さに成長し、次に基板温度を約1020℃としてp型の $AlGaIn$ 上部クラッド層96を成長させ、同温度にてp型GaInキャップ層97を成長させる。

(3) ドライエッチング装置に移しn型のGaIn層93が露出するまで一部のエッチングを行う。続いてp型GaInキャップ層97の上にp電極98を、n型のGaIn層93の露出面にn電極99をそれぞれ蒸着する。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】ところで、上述した従来の窒化ガリウム系化合物半導体素子90は、同一面側にp電極98およびn電極99が存在し、p電極98側から光を取り出す構造のため、p電極98として透光性電極を採用している(特開平6-314822号等参照)。その場合、p電極を良好なオーミック接触が得られるようにすると共に低抵抗な透光性電極とすることがあるため、上述した金属材料を薄層に形成することが提案されている。しかし、その場合には透光性電極を金属層にて形成しているため、該電極で反射もしくは吸収される光が存在し、発光した光を効率よく外部に取出しているものではなかった。

【0006】そこで、いわゆるフリップチップと称される構造を用いて、透光性のサファイア基板91側から光を取出す手段が注目されている。フリップチップタイプの場合には、上述した窒化ガリウム系化合物半導体素子90と同一の素子構造であって、同一面側に設けたp電極98およびn電極99に通電して発光した光が透光性のサファイア基板91側を透って外部に出射するため、p電極98により遮られることがなく、高い外部取出し効率が期待される。

【0007】しかしながら、上述した電極材料を用いた場合には、電極による反射率が低く、高い外部取出し効率を得られなかった。例えば、上述したp電極98としてNiを100オングストロームの厚みで形成した後にAuを2500オングストローム形成させて合金化処理を施したp電極を用いた場合には、図5のような反射特性

を示し、発光ピーク波長である470nmでの反射率は約20%程度であり、外部取出し効率の高いフリップチップタイプの窒化ガリウム系化合物半導体素子を得ることは困難である。

【0008】本発明は、以上の点から、高い外部取出し効率を得るようと共に、オーミック特性に優れた窒化ガリウム系化合物半導体素子の電極材料を提供することを目的としている。

【0009】

【課題を解決するための手段】上記目的は、本発明の実施態様によれば、透光性基板上にp型層が表面側となるようにして窒化ガリウム系化合物半導体素子をエピタキシャル成長し、該半導体の前記p型層側にp電極とn電極を配設して透光性基板から光を取出すフリップチップタイプの窒化ガリウム系化合物半導体素子のp電極であって、p電極をAg及び/またはPtの金属電極が100オングストローム以下の厚みのNi金属領域を介してp型窒化ガリウム系化合物半導体層と接触し、且つ、前記半導体の発光ピーク波長における反射率が80%以上とすることにより、達成される。

【0010】この態様では、p電極の反射率を高めることができ、フリップチップタイプの窒化ガリウム系化合物半導体素子の外部取出し効率を大幅に向上させることができる。

【0011】

【発明の実施の形態】以下、この発明の好適な実施形態を図1から図4を参照しながら、詳細に説明する。尚、以下に述べる実施形態は、本発明の好適な具体例であるから、技術的に好ましい種々の限定が付けられているが、本発明の範囲は、以下の説明において特に本発明を限定する旨の記載がない限り、これらの態様に限られるものではない。

【0012】図1は、本発明により製造されたフリップチップタイプの窒化ガリウム系化合物半導体発光素子10を、外部給電端子12を設けた基板13に導電性材料11で取付けした状態を示しており、図2はp電極8の一例を拡大して示している。また、該窒化ガリウム系化合物半導体発光素子10は、サファイアよりなる基板1の上一般式が $Ga_{1-x}Al_xN_{1-y}In_yN$ （但し $0 \leq x \leq 1$ 、 $0 \leq y \leq 1$ ）で表される窒化ガリウム系化合物半導体のエピタキシャル層を、MOCVD装置等を用いて積層成長して、AlGaIn/GaN/GaN/GaN系の素子構造とした、青色発光素子の場合について示している。

【0013】サファイア基板1上にGaNよりなるバッファ層2、n型のGaN層3、ノンドープInGaN系層5、p型のAlGaN系層6、p型GaNキャップ層7を順に成長させており、p型GaNキャップ層7の上にp電極8を、n型のGaN層3のエッチングによる露出面にn電極9をそれぞれ形成している。

【0014】本発明においては、p型GaNキャップ層と接触するp電極8を反射率が高く、且つオーミック特性に優れた電極材料としている点が従来と異なる。具体的には、p電極8として厚みが10オングストローム以下の厚みのNi金属領域8aを介してAg金属電極8bとp型窒化ガリウム系化合物半導体層7とを接触させた場合には、従来のNi-Au電極に比べて約3.5倍の高い反射率を示し、該p電極8を設けた半導体発光素子は従来のNi-Au電極を用いた素子に比べて約3倍の発光出力が得られる。同じく、厚みが10オングストローム以下の厚みのNi金属領域8aを介してPt金属電極8bとp型窒化ガリウム系化合物半導体層7とを接触させた場合には、約2.5倍の反射率と約2倍の発光出力が得られる。

【0015】Ni金属領域8aの厚みを3~10オングストロームとし、AgもしくはPt金属領域8bの厚みを2500オングストローム以上とすると、Ni金属領域8aの反射成分が占める割合が低くすると同時に、Ag等による反射成分の割合が高くなって、最も効果的な反射オーミック電極が得られる。Ni金属領域の厚みをそれよりも厚くして形成するとNiによる反射成分が増加し、反射率が低下してくるため、Ni金属領域8aの厚みが100オングストロームを超えるたものは実用的ではない。さらに、Ni金属領域8aが存在しないときp電極8が腐食される問題が発生し易くなるので、5~10オングストロームの厚みのNi金属領域を設けることが最適である。

【0016】また、AgもしくはPt金属領域8bの厚さは、500オングストロームよりも薄くすると、透過量が増えて良好な反射膜とならなくなってくるため、少なくとも1000オングストローム以上、好ましくは2500オングストローム以上の厚さとするが良い。

【0017】以下、本発明の該窒化ガリウム系化合物半導体素子10について、その製造方法に沿って具体的な実施例について説明する。

【0018】（実施例1）サファイア基板1を用意し、MOCVD装置内にセットする。基板温度を約1050℃としてサファイア基板1の表面処理を行なった後、基板温度を約510℃としてGaNよりなるバッファ層2を成長させる。続いて、基板温度を約1020℃としてn型のGaN層3およびn型GaN下部クラッド層4を合わせて2000オングストローム、基板温度を約800℃としてノンドープInGaN系活性層5を約200オングストローム、基板温度を約1020℃としてp型のAlGaN上部クラッド層6を1000オングストローム成長させ、最後に同温度にてp型GaNキャップ層7を2500オングストローム成長させる。

【0019】窒化ガリウム系半導体のエピタキシャル層を成長させた基板1をドライエッチング装置に移し、一部分をn型のGaN層3が露出するまでエッチングを行

う、次にエッチングにより露出させたn型のGa_{0.5}N層3の表面に、タンタル(Ti)およびアルミニウム(Al)を膜厚モニター値でそれぞれ250オングストローム、1000オングストロームの厚みとなるように連続して蒸着してp電極9を形成する。

【0020】同様に窒化ガリウム系半導体エピタキシャル層の、前記したn型Ga_{0.5}N層3を露出させた部分以外の最表面層p型Ga_{0.5}Nキャップ層7のほぼ全表面上にp電極8を形成する。p電極8は、p型Ga_{0.5}Nキャップ層7側から順にニッケル(Ni)および銀(Ag)を膜厚モニター値でそれぞれ10オングストローム、2500オングストロームとなるようにして蒸着した。その後、窒素雰囲気内に500〜600℃の温度で約60秒間、素子10全体を加熱してp電極8を合金化してオーミック電極とした。また、p電極については反射率測定用のサファイア基板1上にも同時に作成した。

【0021】(実施例2) サファイア基板1の上に、実施例1と同一条件にて窒化ガリウム系化合物半導体をエピタキシャル成長させ、その一部をエッチングしてn型Ga_{0.5}N層3を露出させ、Ti-A1からなるp電極9およびNi-Agからなるp電極8を形成し、熱処理を施した。さらに、このp電極8の上部に外部電極端子12との接続性を向上させるための上部p電極層81としてタンタル(Ti)層81aを400オングストローム、金(Au)層81bを7000オングストロームの厚さで蒸着した。図2はこのようなようにして作成した窒化ガリウム系半導体素子10のp電極8を拡大して示すものである。なお、符号8aはニッケル層、8bはAu層を示すが、熱処理により合金化を図っているため、その境界部を中心に合金領域が形成されている。

【0022】(実施例3) p電極8としてNi-Agではなく、p型層7側から順にニッケル(Ni)を10オングストローム、白金(Pt)を2500オングストロームとなるようにして蒸着した以外は、実施例1と同一条件にて窒化ガリウム系半導体発光素子10を作成した。

【0023】(比較例) p電極98としてp型層97側から順にニッケル(Ni)を140オングストローム、金(Au)を7000オングストロームとなるようにして蒸着した以外は、実施例1と同一条件にて図1に示す窒化ガリウム系半導体発光素子10と同一構成の素子を作成した。

【0024】実施例1〜3および比較例にて作成したp電極材料の反射率を測定した。各々の電極材料はサファイア基板上にp電極形成時に同時に蒸着した測定用試料を用い、サファイア基板側から金属電極材料に向かって測定光を入射させて反射率を測定した。図3は、島津製作所製のUV-3100分光器を用い、サファイア基板のみの反射率を差し引いた電極材料の反射率の測定結果を示す。窒化ガリウム系半導体発光素子10の発光波

長470nmにおいて、比較例の場合には約20%であるのに対し、実施例1および実施例2の場合には約70.9%、実施例3の場合で約50.9%であり、それぞれ約3.5倍、約2.5倍の大幅な反射率の向上が見られた。

【0025】また、実施例1〜3および比較例にて作成したp電極のオーミック特性についても測定した。図4に電流電圧特性を示す。図4(a)は実施例1および実施例2の場合、図4(b)は実施例3の場合、図4(c)は比較例の場合である。この図に示すようにいずれの材料でもオーミック接触が得られ、実施例1および実施例2の場合がもっとも良好なオーミック接触を示している。

【0026】さらに、窒化ガリウム系半導体発光素子をフリップチップタイプにて接続して、樹脂封止を行わずに積分球内にて同一条件で発光させて光出力を測定したところ、実施例1および実施例2の素子は、比較例の素子に対し約3倍の出力が得られた。

【0027】また、実施例1に比べ実施例2のp電極構造とした素子の方が、外部給電端子12とフリップチップ接続した際の寿命特性が良好であった。これは、導電性材料11と接触する側の表面がAuを主成分とするp電極表面となっていることで、導電性材料11との密着性が向上したものである。特に、導電性材料11として半田を主成分とするものを用いた場合に、Au層を表面に設けることで顕著に寿命特性が向上する。

【0028】なお、実施例2においては上部p電極層81としてタンタル(Ti)層81aおよび金(Au)層81bを積層し、熱処理を施していない。Ni、Ag、Ti、Auを連続して積層した後に熱処理を実施して合金化させるものとしても良いが、その場合には反射面が粗面化する傾向があり、反射率が5%程度低下する場合がある。したがって、Auを最表面とする上部p電極層81を設ける場合には、p型窒化ガリウム系半導体発光層と接触するp電極部の熱処理を行なった後に、形成することが好ましい。また、上部p電極層81は最表面層をAuとし、TiのかわりにNiを用いてp電極8の上に形成するものでもよく、Au上部電極層81bの厚みを5000オングストローム以上、TiもしくはNi上部電極層81aの厚みを1000オングストローム以下とすることが好ましい。

【0029】したがって、p型窒化ガリウム系半導体層側から表面側にかけての層厚方向のp電極の構成は、Ni成分についてはp型窒化ガリウム系半導体層側が増加すると共に、その上にAgもしくはPt成分が存在するものとし、更に好ましくは、最表面をAuとし、その下にTiもしくはNi領域とした上部電極層を設けることが好ましい。

【0030】また、一般的にはNi-Au電極に比べNi-Ag電極の方が仕事関数が低く、障壁が高いと考え

られる。しかし、実施例1と同一条件にて膜層形成した $Ni-Ag$ 電極を酸素雰囲気下において、 $300 \sim 800^\circ C$ の温度範囲で、熱処理時間を10秒～120秒の範囲に変化させて接触抵抗を測定したところ、 $500^\circ C$ で30秒以上、 $600^\circ C$ で20秒以上、 $700^\circ C$ で10秒以上の場合においてオーミック接触が得られ、 $500^\circ C$ で60秒の熱処理を施した場合に $3.42 \times 10^{-3} \Omega / cm^2$ という低い接触抵抗率が得られた。この原因は定かではないが、一般的な $Ni-Au$ 電極の場合の $10^{-2} \sim 10^{-3} \Omega / cm^2$ よりも約1桁低い値もしくは同等の接触抵抗を示し、発光素子の V_f 低下に寄与する。したがって、低い接触抵抗率を得るために $500 \sim 600^\circ C$ で45～90秒の熱処理を施すことが好ましい。

【0031】上述した実施形態においては、 $AlGaIn / InGaIn / GaN$ 系の量子構造とした窒化ガリウム系化合物半導体発光素子を示しているが、これに限らず、 SQW 、 MQW 等の構造、他の組成のものであってもよい。また、サファイア基板1ではなく、他の透光性基板を用いるのもであってもよい。

【0032】

【発明の効果】以上述べたように、本発明によれば、フリップチップタイプの窒化ガリウム系半導体発光素子の p 電極を、良好なオーミック特性と高い反射率を満足する電極とすることができる。これにより、フリップチップタイプの窒化ガリウム系半導体発光素子の光取出し効率を向上させ、明るい発光素子を得ることができる。また、電極面積を大きくとることができるため、放熱特性に優れた素子とすることもできる。

* 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のフリップチップタイプの窒化ガリウム系化合物半導体素子を説明するための概略断面図である。

【図2】本発明の p 電極の一実施例を説明するための要部断面図である。

【図3】本発明の p 電極の反射率スペクトルを示す説明図である。

【図4】本発明の p 電極の電流電圧特性を示す説明図である。

【図5】従来の窒化ガリウム系化合物半導体素子を説明するための概略断面図である。

【図6】従来の p 電極の反射率スペクトルを示す説明図である。

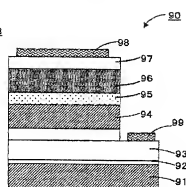
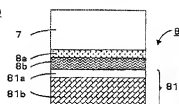
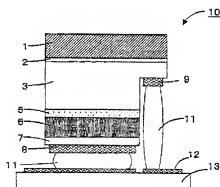
【符号の説明】

1、91	サファイア基板
2、92	バッファ層
3、93	n 型の GaN 層
5、95	ノンドープ $InGaIn$ 系層
6、96	p 型の $AlGaIn$ 系層
7、97	p 型 GaN キャップ層
8、98	p 電極
9、99	n 電極
10、90	窒化ガリウム系化合物半導体発光素子
11	導電性材料
12	外部給電端子
13	基体
81	上部 p 電極層

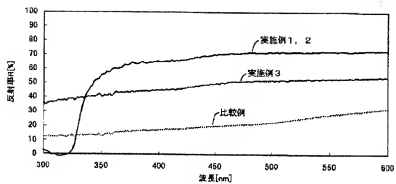
【図1】

【図2】

【図5】

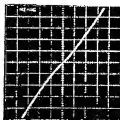


【図3】

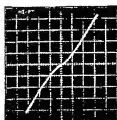


【図4】

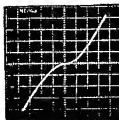
(a)



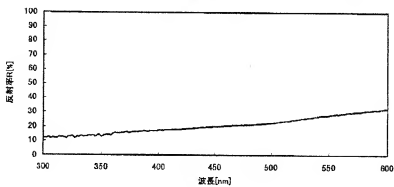
(b)



(c)



【図6】



フロントページの続き

Fターム(参考) SF041 AA03 AA21 CA13 CA34 CA40
CA65 CA73 CA74 CA83 CA92
CA98 DA09
SF073 AB16 CA07 CB05 CB22 CB23
DA05 DA16 DA30 DA35 EA29
FA30